

研究課題	(V課題) 火山活動の監視・予測に関する研究 副課題1：地殻変動観測等に基づく火山活動評価 副課題2：化学的手法等による火山活動監視 副課題3：火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測
研究期間	令和元年度から5年間（5年計画第4年度）
担当者	○吉田康宏 火山研究部長 （副課題1） 〔火山研究部〕○鬼澤真也、安藤 忍、森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口亮平、島村哲也、入山 宙、菅井 明（併任）、小久保一哉（併任）、山田晋也（併任） 〔地震津波研究部〕小林昭夫 （副課題2） 〔火山研究部〕○高木朗充、谷口無我、堀口桂香、森 健彦、飯野英樹（併任）、手操佳子（併任）、百合本 岳（併任）、工藤直樹（併任）、松本 享（併任） 〔気象予報研究部〕橋本明弘 （副課題3） 〔火山研究部〕○新堀敏基、佐藤英一、石井憲介、入山 宙、林 洋介（併任）、西條 祥（併任） 〔気象予報研究部〕橋本明弘
目的	火山活動への理解を深め、火山現象の評価・予測の精度を高めることにより、気象庁火山業務における噴火警報、噴火警戒レベル、降灰予報、航空路火山灰情報などの改善に貢献する。 （副課題1）地殻変動観測等に基づく火山活動評価 火山内部の状態把握をよりの確に行えるよう地殻変動データなどの解析手法の開発・改善を進め、噴火に至るプロセス等の解明を行うことにより、火山活動評価手法の改善を図る。 （副課題2）化学的手法等による火山活動監視 化学的手法等による観測・分析によって火山ガス活動の理解を深め、火山噴火の前兆を早期に把握する監視手法を開発し、火山活動予測への活用を図る。 （副課題3）火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測 噴火現象の即時的な観測技術および予測技術の開発・改良を行うことにより、大規模噴火にも対処可能な「降灰予報」および「航空路火山灰情報」とその精度向上を図る。
目標	地殻変動や火山ガスなどの観測データの解析をとおして、火山活動の理解を深めるとともに、火山内部の状態をよりの確に把握することで、火山活動予測、火山活動評価の改善を図る。また、噴火に伴う浮遊火山灰や降灰等、噴火現象の即時的な把握技術および予測技術の開発を行う。 （副課題1）地殻変動観測等に基づく火山活動評価 〔テーマ1〕伊豆大島で地殻変動源解析によりマグマ蓄積量を迅速に把握し、多項目観測を統合したプロダクトと精密に補正した重力観測データを用いて、マグマ上昇の検出・モニタリングを行う。地表面熱・水収支、およびマグマ・揮発性成分収支のモデルを構築し、火山活動評価への活用を図る。他の活動的火山でも活動評価に資する地殻変動等の解析を行う。 〔テーマ2〕衛星 SAR 解析における大気遅延補正を気象モデルを用いて高精度化し、GNSS 解析にも気象モデルを導入して、火山における地殻変動検知能力を向上させる。また、火山活動の理解を深めるために、地殻変動から地下の変動源の時空間変化を推定する手法、及び地下のマグマ挙動に伴う地殻変動のシミュレーション手法を開発し、それらの事例解析の比較により解析手法と物理モデルを改良する。 〔テーマ3〕火山内部の状態監視や活動の異常検出を目指して、伊豆大島の震動観測データに地震波干渉法を適用し、地下の速度構造の時間変化を検出する手法を開発する。また検出された変化の要因、火山活動との関連を評価する。

	(副課題 2) 化学的手法等による火山活動監視 [テーマ 1] 直接採取した火山ガスや熱水の化学組成および安定同位体比、および火山灰に付着した火山ガス由来成分等の分析を通じて火山ガス活動の理解を深め、個々の火山における火山ガス活動の機構の解明を目指す。 [テーマ 2] 火山ガスの放出率や組成比をモニタリング・評価する技術を開発する。テーマ 1 による火山ガス活動への理解をふまえ、副課題 1 の地殻変動などの物理観測データも組み合わせた多項目解析を行うことで、火山活動評価への活用を図る。 (副課題 3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測 [テーマ 1] 気象レーダー等の観測データを用いて、噴火現象の検知や噴煙に含まれる火山灰等の定量的推定手法を開発する。 [テーマ 2] 浮遊火山灰や降灰等を統一的に予測するための新しい移流拡散モデルを開発・改良する。さらに火山灰データ同化システム（プロトタイプ）と結合させることにより、気象レーダー等による観測値と移流拡散モデルの予測値に基づく火山灰データ同化・予測システムを構築する。
研究の概要	(副課題 1) [テーマ 1] 伊豆大島における各種地殻変動データの取得・収集を継続し、地下のマグマの蓄積量（噴火ポテンシャル）を把握するための解析手法を迅速化する。マグマ上昇検出とモニタリングを目的とした、多項目観測、重力繰返し観測を実施する。そのために重力データ補正技術の向上を図る。 噴火が近づく時期の地下浅部における熱的活動を詳細に把握するために、山頂付近の空中からの熱赤外線繰返し観測、地表での熱収支観測を実施し、熱および水収支のモデルを構築して地表面からの熱・水の総放出量を定量化する。 他の活動的火山においても火山活動の活発化がみられるような場合に地殻変動等の解析を行う。 [テーマ 2] 衛星 SAR の干渉解析について、気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムを開発する。補正精度の評価にあたり各種気象モデルによる補正結果を比較検証する。GNSS 観測データの解析に、気象モデルによる大気遅延補正を導入するためのプログラムを開発し、パラメータ・プログラムを調整してその有効性を検証する。 地下のマグマの挙動を説明する物理モデルに基づいた地殻変動のシミュレーションプログラム、および観測データの解析による地殻変動源の時空間変化推定プログラムを開発し、両者を事例に適用し比較することにより、解析手法や地下のマグマの物理モデルなどを改良する。 [テーマ 3] 伊豆大島の震動観測データに、地震学の分野で知見が深まっている地震計記録の背景雑音（ambient noise）を用いた解析手法を適用し、火山周辺における地震波速度の時間変化を検出する手法を開発する。また、その要因を評価する中で、実際の火山活動に伴う地震波速度変化の検出を目指す。 (副課題 2) [テーマ 1] 吾妻山、箱根山、草津白根山、および霧島山等の活動的火山において採取した火山ガスや熱水の化学組成および水素・酸素安定同位体比、あるいは火山灰から抽出した水溶性の化学成分を、重量分析や容量分析などの手分析のほか、ガスクロマトグラフやイオンクロマトグラフ、分光分析といった機器分析を組み合わせて分析し、火山ガス活動やその起源に関する理解を深め、個々の火山における火山ガス活動の機構の解明を目指す。 [テーマ 2] 火山ガスをセンサー等で測定し火山ガス活動をモニタリングするための研究を行う。具体的には、気象庁が 4 火山に設置した、多成分火山ガス連続観測装

	置によるガス成分比のモニタリング技術の向上、気象モデルを用いた二酸化硫黄放出率のモニタリング技術の改善、二酸化炭素等の土壌ガスの連続観測あるいは機動観測による噴火ポテンシャル評価等を、吾妻山、草津白根山、伊豆大島、桜島等で行う。また、それらのデータと、地震や地殻変動等の既存の物理観測データを組み合わせた統合解析手法を検討する。 (副課題 3) [テーマ 1] 活動的な火山である桜島を主対象として、二重偏波レーダーや高速スキャンレーダーなどの先進的な気象レーダーによる噴煙のエコー強度やマルチパラメータを解析することにより、噴火検知技術の開発や噴出する火山灰・礫の量や挙動を定量的に推定するための技術開発を行う。また気象衛星で観測される火山灰から、噴火検知や噴火規模の即時的な推定の研究を行うとともに、噴火発生直後の監視カメラによる爆発映像等を利用し、気象レーダー等による解析結果の検証、火砕流や火山岩塊等の防災上重要な火山現象の解析を行う。 [テーマ 2] 領域移流拡散モデルと全球移流拡散モデルを統一した新しい移流拡散モデルを、堅牢性、速報性、柔軟性および開発管理の観点から設計して開発する。そして供給源および新しい移流拡散モデルとこれまでに開発した火山灰データ同化システム（プロトタイプ）を組み合わせ、火山噴出物に対する観測データの解析から予測までを一貫して実行できる火山灰データ同化・予測システムの構築を行う。
研究の有効性	(副課題 1) ・ マグマの蓄積・挙動に関する研究成果は、気象庁が発表する噴火警戒レベルの判断基準の高精度化に資する。また、気象庁における火山活動評価、噴火警報、噴火警戒レベルの運用を向上させることで火山防災に貢献できる。 ・ 伊豆大島等における地殻変動観測結果は、逐次、気象庁や火山噴火予知連絡会における当該火山の活動評価に利用される。 (副課題 2) ・ 火山ガスの放出活動と地殻変動は密接に関係すると考えられており、副課題 1 と連携することにより、火山活動のモデル化の研究がより効率的に推進できる。 ・ 活動的な火山における火山ガス等の地球化学的な理解が進むとともに、地球化学的な視点に立った火山活動監視の有効性を示すことが可能になる。 ・ 気象庁が設置した火山ガス観測装置のデータを研究に活用することで、研究成果を気象庁は活動評価に活用することができる。 ・ 気象庁火山業務への地球化学的手法の本格的な導入が進むことが期待され、噴火警報等の防災情報のよりの確な提供が可能となる。 (副課題 3) ・ 気象レーダー等を活用することで火山活動監視技術の向上を図ることができる。 ・ 気象レーダー等による全天候に対応した噴火現象、噴煙状態の把握技術を開発すること、新しい移流拡散モデルの開発および火山灰データ同化システムと結合することで、降灰予報や航空路火山灰情報の精度が向上する。 ・ 様々なケースにおける移流拡散モデルを用いた火山噴出物予測は、噴火ハザード予測の研究に活用することができる（次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト関連） (特記事項) 従来の重点研究 B7「火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究」(H28-32)は、本研究に統合して副課題 2「化学的手法等による火山活動監視」として継続する。他の副課題との連携でより効率的な研究が期待できる。
令和 4 年度 実施計画	(副課題 1) [テーマ 1] 火山活動活発化や噴火へ至るプロセスの解明 ① 伊豆大島等におけるマグマ蓄積・上昇過程の解明

- ・ 伊豆大島の地殻変動、重力観測を継続し、地殻変動（源）解析の迅速化・自動化、重力データの補正技術の開発を進める。
- ・ 空中熱赤外観測及び地表面の熱収支連続観測を継続し、得られた地表面温度データの補正法及び放熱量の定量化のための技術開発に取り組む。
- ・ 地下概念モデルの構築とそれを反映した活動評価方法の検討を進める。
- ・ 他の活動的火山についても地殻変動等の解析を行う。

[テーマ2] 火山活動の解析・評価のための手法開発

- ① SAR の対流圏遅延補正高精度化
 - ・ 気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの開発を引き続き行い、補正の精度評価を進める。
- ② GNSS 解析手法の高度化
 - ・ 気象モデルを用いた対流圏遅延補正プログラムの遅延量計算アルゴリズムにレイトレーシングを導入し、更なる精度向上を図る。
- ③ マグマの状態・活動を地殻変動などから推定するための手法開発
 - ・ 地殻変動データから山体地形を考慮して変動源の変化を推定する手法の開発に引き続き取り組むとともに、観測データとの比較を進める。

[テーマ3] 監視観測データの活用的高度化

- ① 地震波形の観測点間の相互相関解析による地震波速度変化のモニタリング
 - ・ 地震波干渉法による地震波速度の検出に取り組むとともに、時間変化の要因の評価やノイズ除去等の検討を進める。

(副課題2)

[テーマ1] 化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究

吾妻山・箱根山・草津白根山・九重山・霧島山等の活動的火山の火山ガスや熱水等を採取し、火山ガス成分及び安定同位体比の分析を進め、個々の火山における火山ガス活動やその起源についての理解を深める。

[テーマ2] 火山ガス活動のモニタリングに関する研究

二酸化硫黄放出率連続観測手法の開発研究のため、前年度の試験機で得た問題点の改良を行い、連続観測装置に特化したモデルへと装置及びシステムを整備して薩摩硫黄島で試験観測を開始する。また、気象モデルを用いた火山ガス拡散モデルから二酸化硫黄放出率への換算手法の検討を進める。

吾妻山・草津白根山・御嶽山・九重山に設置されている連続観測マルチガスの観測精度向上のため、比較観測を行い効率的な校正手法の開発を進める。また、吾妻山・伊豆大島等における土壌ガス観測データによる二酸化炭素成分の活動と、地球物理データを含む他の観測データによる統合的な活動解釈について考察する。さらに、二酸化硫黄放出率連続観測を開始する薩摩硫黄島において、火山ガスの噴出状態把握のためマルチガス観測、ガス採取等を行う。

(副課題3)

[テーマ1] 気象レーダー・衛星等による噴火現象の観測

二重偏波気象レーダー等による噴煙の観測結果から、噴煙に含まれる火山灰等の分布を定量的に推定する手法の開発を継続する。

[テーマ2]

- ① 新しい移流拡散モデルの開発・改良
 - 新たに開発した移流拡散モデルへ導入する凝集、再飛散過程等の物理過程を検証して改良する。
- ② 火山灰データ同化・予測システムの構築
 - 火山灰データ同化システムと新しい移流拡散モデルを結合したシステム（火山灰データ同化・予測システム）について、定量的な濃度予測のための火山灰プロダクトの利用に関する評価を行う。